

UNIVERSITA' DI PISA  
FACOLTA' DI SCIENZE M. F. N.  
FACOLTA' DI AGRARIA  
CORSO DI LAUREA IN SCIENZE AMBIENTALI

TESI SPERIMENTALE:

**“Studio delle relazioni tra i fattori fisici  
(temperatura)  
e la fioritura di *Posidonia oceanica* (L.) Delile,  
con particolare riferimento alla prateria di Cavo,  
**Isola d’Elba (Arcipelago Toscano)”****

RELATORE

Chiar.mo Prof. Francesco Cinelli

CORRELATORE

Dott. Alfonso Crisci

CANDIDATA

Marina Burgassi

ANNO ACCADEMICO 2004-2005

# INDICE

<b>Introduzione</b>	pag. 1
---------------------	--------

## **Cap. 1 Sintesi delle conoscenze su *Posidonia oceanica***

1.1 Caratteristiche biologiche: la morfologia	pag. 3
1.2 Caratteristiche biologiche: la riproduzione	pag. 7
1.2.1 La riproduzione asessuata	pag. 7
1.2.2 La riproduzione sessuata	pag. 9
1.3 La prateria di <i>Posidonia oceanica</i>	pag. 14
1.3.1 La struttura delle prateria di <i>P. oceanica</i>	pag. 14
1.3.2 L'importanza della prateria di <i>P. oceanica</i>	pag. 21
1.4 L'ecosistema <i>Posidonia oceanica</i>	pag. 24
1.4.1 La comunità epifita algale	pag. 24
1.4.2 La comunità animale	pag. 31
1.5 Cause di regressione e problemi di salvaguardia della prateria	pag. 33
1.6 Scopo della tesi	pag. 37

## **Cap. 2 Materiali e metodi**

2.1 I siti di studio	pag. 38
2.1.1 La <i>Posidonia oceanica</i> in Toscana	pag. 38
2.1.2 La prateria di Cavo (Isola d'Elba)	pag. 42
2.1.3 La prateria di Baratti	pag. 45
2.2 Organizzazione dello studio	pag. 47
2.3 Il campionamento subacqueo	pag. 49

2.4 Le analisi di laboratorio	pag. 58
2.4.1 Saggio di tossicità acuta: inibizione dell'emissione luminosa del <i>Vibrio Fischeri</i> Test Microtox	pag. 59
2.4.2 Saggio di tossicità acuta con il crostaceo marino <i>Artemia salina</i> (valutazione della LC <sub>50</sub> a 24h)	pag. 60
2.4.3 Saggio di tossicità acuta con rotifero marino <i>Brachionus plicatilis</i> (valutazione della LC <sub>50</sub> a 24h/48h)	pag. 61
2.4.4 Saggio di tossicità acuta: inibizione dell'emissione luminosa del <i>Vibrio fischeri</i> per campioni solidi (Microtox solid phase)	pag. 62

### **Cap. 3 I risultati**

3.1 Macrostruttura delle praterie di <i>P. oceanica</i> di Cavo (Isolotto dei Topi), Cavo (Cala delle Alghe) e Baratti	pag.63
3.2 I parametri strutturali relativi alla fioritura di <i>P. oceanica</i>	pag. 67
3.3 I risultati dei saggi di tossicità	pag. 79
3.3.1 Saggio di tossicità acuta: inibizione dell'emissione luminosa del <i>Vibrio Fischeri</i> Test Microtox	pag. 80
3.3.2 Saggio di tossicità acuta con il crostaceo marino <i>Artemia salina</i>	pag. 83
3.3.3 Saggio di tossicità acuta con rotifero marino <i>Brachionus plicatilis</i>	pag. 85
3.3.4 Saggio di tossicità acuta: inibizione dell'emissione luminosa del <i>Vibrio fischeri</i> per campioni solidi (Microtox solid phase)	pag. 88

3.4 Relazione tra la temperatura del mare e la fioritura di <i>P. oceanica</i>	pag. 92
3.4.1 L'area di studio	pag. 93
3.4.2 I dati	pag. 96
3.4.3 I risultati	pag. 97
 <b>Cap. 4 Discussione e conclusione</b>	 pag. 112
 <b>Bibliografia</b>	 pag. 117
 <b>Ringraziamenti</b>	 pag. 134

# INTRODUZIONE

*Posidonia oceanica* (L.) Delile è una fanerogama marina endemica del Mediterraneo appartenente al subphylum Angiospermae, classe Monocothyledonae, ordine Potamogetonales, famiglia Posidoniaceae.

Le fanerogame marine si distinguono dalle alghe per la riproduzione sessuale, in quanto possiedono organi specializzati ben visibili (phaneros in greco significa "manifesto" e gamos "nozze") e perché costituite da radici, fusto e foglie.

Sembra che *Posidonia oceanica* già all'inizio della storia delle Angiosperme abbia lasciato la terra ferma; i primi reperti fossili risalgono al Cretaceo (*Posidonia cretacea*, circa 120 milioni di anni fa) e risultano molto frequenti nell'Eocene (*Posidonia parisiensis*, circa 30 milioni di anni fa) (Mazzella *et al.*, 1986; Den Hartog, 1970).

Secondo la teoria di Den Hartog (1970) le fanerogame marine deriverebbero da alcune Angiosperme, distribuite lungo la zona di marea al confine tra terra e mare, in grado di sopportare brevi periodi di immersione in acque salate.

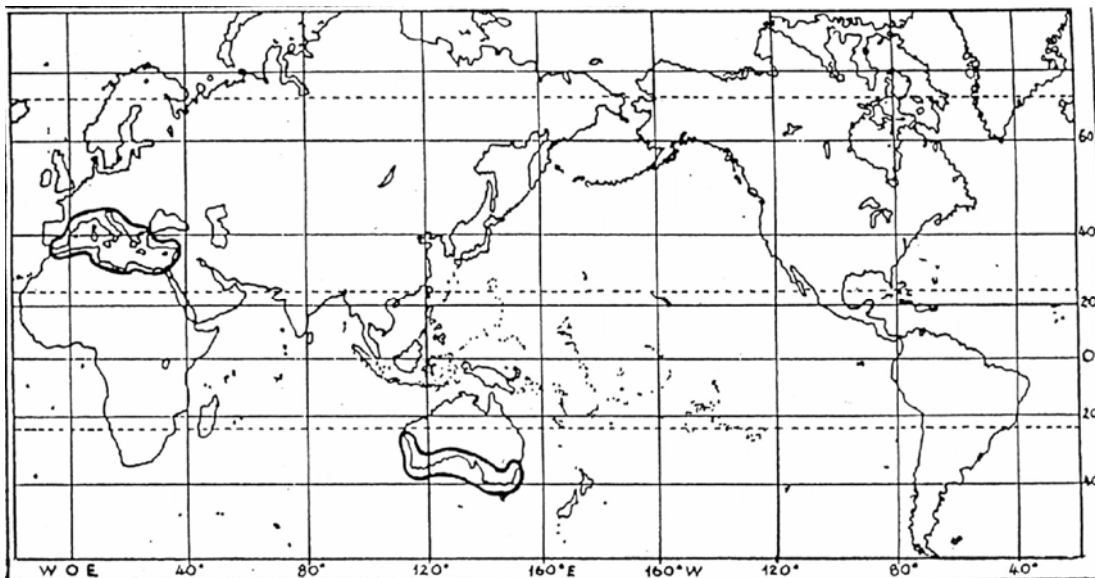
Queste piante si sono completamente affrancate dall'ambiente terrestre quando l'impollinazione anemofila è stata sostituita da quella idrofila, ovvero l'acqua ha sostituito il vento nel trasporto del polline.

Oggi le fanerogame marine sono rappresentate da 58 specie comprese in 12 generi, 4 famiglie (Hydrocaritaceae, Posidoniaceae, Cymodoceaceae e Zosteraceae) e 2 ordini (Hydrocaritales e Zosteriales) (Den Hartog, 1970; Tomlinson, 1982).

Vivono negli oceani di tutto il mondo e caratterizzano il piano infralitorale della fascia costiera con la formazione di estese praterie sommerse (Mazzella *et al.*, 1986).

*P. oceanica* è "endemica" del Mediterraneo, dove forma una fascia pressoché continua lungo le coste di quasi tutto il suo bacino (Den Hartog, 1970; Boudouresque *et al.*, 1984; Semroud *et al.*, 1992) mentre altre specie, appartenenti allo stesso genere, sono localizzate lungo le coste meridionali ed occidentali dell'Australia (fig. 1).

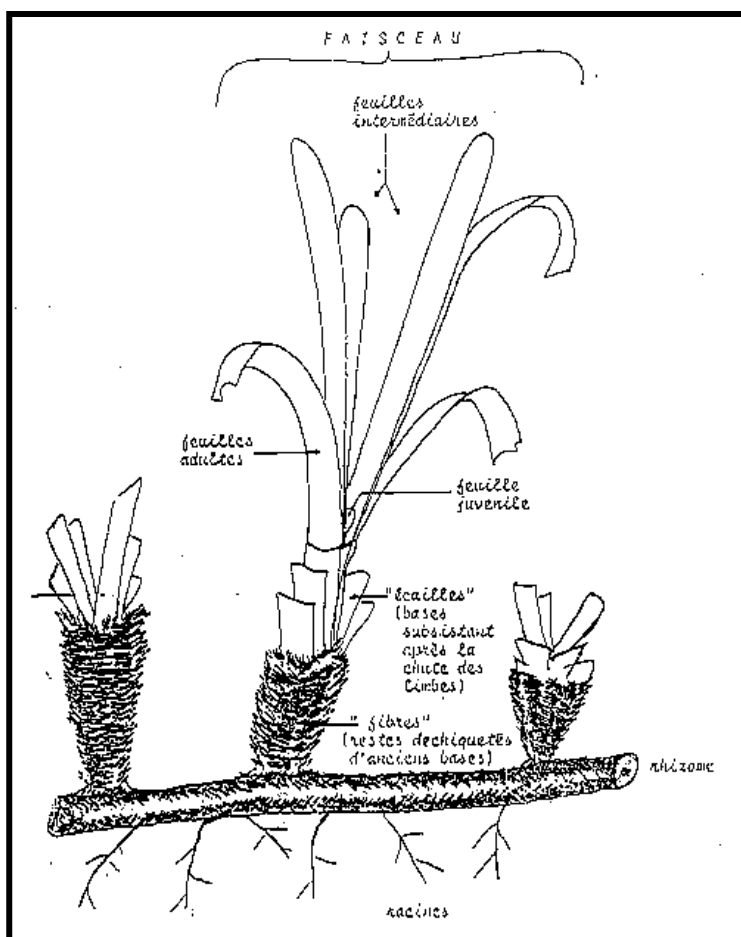
Secondo la teoria di Den Hartog (1970) queste piante, agli albori della loro storia, colonizzarono il mare in aree assai più estese di quelle attuali, comprendenti sia zone tropicali che temperate. In seguito alla competizione con specie apparse più tardi e meglio adattate agli ambienti tropicali, esse sono state relegate ai margini di tale areale.



**Figura 1: areale di distribuzione bipolare del genere *Posidonia*.**

# CAPITOLO 1: SINTESI DELLE CONOSCENZE SU *Posidonia oceanica*

## 1.1 CARATTERISTICHE BIOLOGICHE: LA MORFOLOGIA



**Figura 1.1.1:**  
rappresentazione  
schematica  
di un fascio  
di *P. oceanica*.

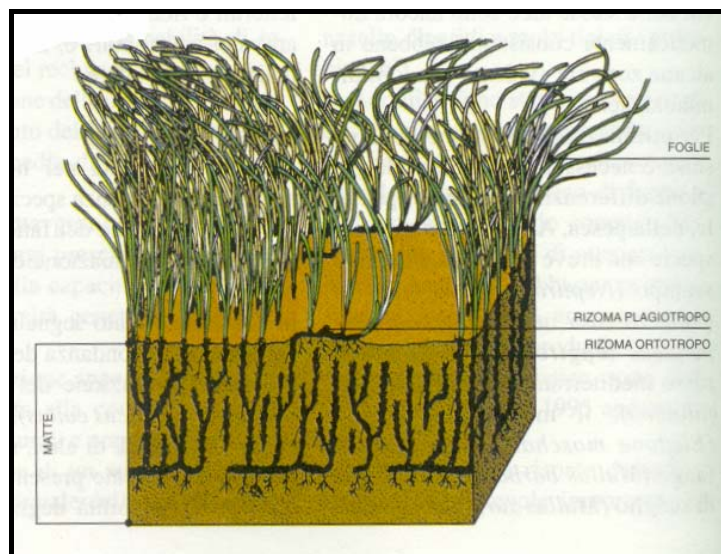
*Posidonia oceanica* è una pianta superiore provvista di strutture vegetative differenziate: radici, fusto, detto rizoma a causa dell'habitus ipogeo, e foglie (fig. 1.1.1).

Ott (1979) ha ipotizzato che le radici non possano partecipare all'assorbimento dell'acqua e dei soluti, a causa del processo di lignificazione a cui queste strutture vanno rapidamente incontro; di diversa opinione sono invece Kuo & Cambridge (1978) che nei loro studi condotti su *Posidonia australis*, hanno evidenziato come vasi

xilematici poco regrediti e ipoderma suberizzato, non escludano una attività di assorbimento a carico delle radici giovani.

I rizomi sono fusti modificati che presentano la caratteristica di accrescersi sia in senso orizzontale (rizoma plagiotropo o tracciante) che verticale (rizoma ortotropo). I rizomi plagiotropi sono i primi a colonizzare i sedimenti ed hanno la funzione di ancorare la pianta al substrato, grazie alla presenza di radici sul lato inferiore; i rizomi ortotropi, crescendo in altezza, contrastano il progressivo insabbiamento dovuto al continuo processo di sedimentazione e permettono in tal modo di sfruttare la luce e lo spazio disponibili (Mazzella *et al.*, 1986).

Questi due tipi di accrescimento sono all'origine della formazione delle cosiddette "*matte*", tipiche strutture a terrazzo costituite dall'intreccio di più strati di rizomi, di radici e di sedimento intrappolato tra questi. Solo la sommità di questa formazione è ricoperta da piante vive (Mazzella *et al.*, 1986) (fig. 1.1.2), mentre gli interstizi sono riempiti dai sedimenti intrappolati nella volta fogliare (Boudouresque *et al.*, 1984), all'interno della "*matte*" trovano rifugio numerose specie meiobentoniche.



**Figura 1.1.2: disegno schematico della "*matte*" e dello strato dei rizomi e delle foglie di *Posidonia oceanica*.**



La "*matte*" è una struttura resistente, che rappresenta il risultato tra due forze opposte: l'accrescimento verticale della pianta e l'accumulo dei sedimenti; se quest'ultimo è troppo rapido si può verificare un progressivo insabbiamento della pianta, fino alla morte per soffocamento delle parti vegetative, al contrario una sedimentazione scarsa, porta allo scalzamento dei rizomi con conseguente indebolimento della "*matte*" e progressiva distruzione della prateria (Boudouresque & Meisnez., 1982).

Le foglie, che nascono da rizomi ortotropi, sono nastriformi, con apici arrotondati e presentano un colore verde brillante; hanno una larghezza media di un centimetro e possono raggiungere un metro e mezzo di lunghezza.

Giraud (1977) propone una divisione delle foglie in 3 diverse categorie: adulte, intermedie e giovanili.

Le prime si differenziano in un lembo fotosintetizzante ed una base presente solo nelle foglie adulte, più o meno significativa in rapporto all'età (Giraud *et al.*, 1979).

Il limite tra queste due zone è rappresentato da una linea concava detta "*ligula*" in corrispondenza della quale, al momento della caduta, le foglie si staccano lasciando sul rizoma le basi, che con il tempo si riducono a sottili scaglie, formando una sorta di manicotto che avvolge il rizoma (Mazzella *et al.*, 1986).

Le foglie intermedie non presentano base e per convenzione hanno una lunghezza minima di 5 cm, al di sotto della quale le foglie sono considerate giovanili. L'accrescimento si origina da un meristema basale anziché apicale; tale adattamento permette la crescita della lamina fogliare anche quando l'apice, che ne diviene la parte più vecchia, va incontro per primo a fenomeni di degenerazione.

Le foglie sono disposte in fasci, ognuno dei quali ne contiene in media 6 - 7: le più vecchie, generalmente di maggiore lunghezza,

sono esterne, mentre le più giovani si trovano all'interno del fascio stesso (Panayotidis & Giraud, 1981).

Il fascio quindi si rinnova continuamente dall'interno verso l'esterno durante tutto l'anno, con un tasso di accrescimento massimo in primavera e minimo in estate, quando le foglie sono più epifitate e in più avanzato stato di senescenza (Panayotidis, 1980; Wittman, 1984; Mazzella *et al.*, 1986).

Con il sopraggiungere della stagione autunnale e i mutamenti climatici ad essa associati, si assiste ad una massiccia caduta delle foglie ed ad una seguente produzione delle foglie in inverno. Le scaglie che restano attaccate al rizoma, lo avvolgono come un manicotto; la decomposizione è molto lenta, il rizoma può rimanere nella "*matte*" per millenni (Boudouresque *et al.*, 1984).

La disposizione lungo il rizoma delle scaglie e il loro spessore mostrano delle variazioni regolari, correlabili al ciclo annuale della pianta (ogni scaglia molto sottile segna l'inizio di un nuovo anno vegetativo). Lo studio di tali variazioni e delle sue relazioni con l'ambiente dà origine ad una nuova disciplina: la lepidocronologia (Pergent, 1987; Crouzet, 1981).

## 1.2 CARATTERISTICHE BIOLOGICHE: LA RIPRODUZIONE

### 1.2.1 LA RIPRODUZIONE ASESSUATA

La stolonizzazione è la principale modalità di riproduzione vegetativa di questa pianta. Essa si verifica con il distacco di rizomi terminali dal rizoma parentale, per necrosi o a causa dell'idrodinamismo (Molinier & Picard, 1952) e per moltiplicazione ed accrescimento dei rizomi plagiotropi ed ortotropi. Questo processo è particolarmente lento in quanto l'allungamento dei rizomi ortotropi può raggiungere 1 cm all'anno e quello dei rizomi plagiotropi 3.5 - 7.5 cm all'anno (Boudouresque *et al.*, 1984). I rizomi ortotropi possiedono radici avventizie e la formazione di rami laterali è un evento abbastanza raro; al contrario dal rizoma plagiotropo primario possono originarsi altri rizomi secondari plagiotropi, che crescono più o meno nella medesima direzione. I rizomi secondari derivano dalla divisione degli apici vegetativi dei rizomi primari e mostrano, rispetto ai primari, delle modificazioni morfologiche consistenti nel fatto, che questi non possiedono radici avventizie e non si dividono mai fino a che il rizoma primario non secca (Wittman, 1984). Molenar *et al.* (1993) in studi riguardanti il trapianto di *P. oceanica* hanno osservato alcuni rizomi ortotropi mutare la loro modalità di crescita in plagiotropa, mentre il processo contrario sembra non sia possibile. Le foglie, come già detto, si riproducono vegetativamente per produzione di nuovo tessuto, da parte del loro meristema basale.

I ritmi di produzione e di caduta fogliare sono abbastanza costanti nell'arco dell'anno, con un minimo di crescita raggiunto nella stagione invernale ed un massimo di caduta fogliare che coincide con la fine dell'estate e l'inizio dell'autunno (Wittman, 1984).

Il numero di foglie per fascio presenta una esigua variazione, attribuibile alla comparsa di nuove foglie contemporanea alla caduta delle più vecchie (Wittmann, 1984).

Ciò che varia notevolmente è il tasso di crescita delle singole foglie, la cui variazione mostra una evidente stagionalità (Ott, 1980; Wittman, 1984).

Wittman (1984) ha osservato che, dopo la caduta annuale, le foglie della nuova stagione di crescita sono ancora piccole e conferiscono alla prateria un aspetto fresco e verde brillante; durante la primavera e l'estate, vengono invece prodotte solo poche foglie nuove e la loro lunghezza aumenta notevolmente sino a raggiungere il massimo sviluppo nella tarda estate.

Le foglie presentano anche differenze morfologiche, a seconda che i rizomi su cui sono inserite siano ortotropi o plagiotropi.

Caye & Rossignol (1983) hanno osservato che le foglie dei rizomi ortotropi sono dritte e molto più lunghe di quelle dei rizomi plagiotropi che, oltre ad essere più corte, sono incurvate con orientamento geotropico positivo; Wittman (1984) ha inoltre appurato che le foglie inserite sui rizomi plagiotropi secondari, sono più corte e più strette di quelle dei rizomi plagiotropi primari.

### 1.2.2 LA RIPRODUZIONE SESSUATA

*Posidonia oceanica* presenta riproduzione sessuale, con formazione di fiori e frutti (Den Hartog, 1970).

I fiori detti "spighe" a causa del loro aspetto, sono in genere inseriti sui rizomi ad accrescimento verticale, anche se non è raro trovare alcuni assi fiorali sui fasci terminali del rizoma principale (Caye & Meisnez, 1984)(fig. 1.2.2.1).



A tal proposito, Mazzella *et al.* (1984) hanno osservato quattro modelli di distribuzione delle infiorescenze, a seconda della loro distribuzione (in sequenza, opposti, alternati o terminali) lungo lo stolone. Lo stelo florale è inserito al centro del fascio e risulta circondato internamente da foglie intermedie e giovanili ed esternamente da foglie adulte.

**Figura 1.2.2.1: infiorescenza di *Posidonia oceanica* fotografata "in situ".**

L'infiorescenza è composta da due o tre rami secondari molto ravvicinati, inseriti lateralmente, e da un ramo terminale.











A sua volta ciascun ramo della spiga si divide in una corta prefoglia, che si accosta all'asse principale, ed in due brattee clorofilliane alternate, che proteggono gli organi sessuali inseriti sull'asse fruttifero.

Ognuno di tali assi possiede da uno a tre fiori ermafroditi disposti alla base, e uno o due fiori maschili in posizione terminale dell'asse stesso. Caye e Meisnez (1984) hanno constatato che il numero dei fiori ermafroditi e maschili dipende dalla posizione dell'asse florale lungo l'infiorescenza. I fiori ermafroditi e sessili, hanno un gineceo composto da un ovario uniloculare, contenente un solo ovulo, che si prolunga in uno stilo, che termina in uno stigma piumoso. L'androceo è formato da tre stami, con due sacche polliniche ciascuno, che si prolungano in antere molto corte ed appiattite. I fiori maschili possiedono due stamoidi derivanti dalla degenerazione di due stami, che sono diventati sterili divenendo esclusivamente organi vegetativi più o meno filiformi (Caye & Meisnez, 1984)(fig. 1.2.2.2)



**Figura 1.2.2.2: infiorescenza di *Posidonia oceanica***

I fiori giungono a maturazione in tempi diversi a seconda della loro inserzione sull'asse dell'infiorescenza (Caye & Meisnez, 1984) e le stesse infiorescenze mostrano una discordanza temporale in relazione con la profondità (Mazzella & Buia, 1991) (fig. 1.2.2.3).

Time Beds	Sept-Oct.	November	January	March	May-June (July)
Shallow Beds	UNFERTILIZED FLOWERS 	FERTILIZED FLOWERS 	DEVELOPING FRUITS 	MATURE FRUIT 	
Deep Beds		UNFERTILIZED FLOWERS 	FERTILIZED FLOWERS 	DEVELOPING FRUIT 	MATURE FRUIT 

**Figura 1.2.2.3: schema che mostra lo sfasamento temporale osservato tra le praterie superficiali e profonde nel ciclo riproduttivo di *Posidonia oceanica*.**

Così come accade per le strutture vegetative, nelle praterie più profonde il ciclo riproduttivo si presenta ritardato di circa due mesi rispetto alle praterie superficiali (Mazzella *et al.*, 1986).

Secondo l'opinione di Mazzella *et al.* (1984), non esistono prove che il fenomeno della fioritura di *P. oceanica* sia soggetto a cicli pluriennali.

Gli stessi fattori che lo inducono sono sconosciuti, anche se Giraud (1977) ipotizza una relazione tra la fioritura e la temperatura, avendo osservato che la fioritura avviene dopo che si sono verificate condizioni di elevata temperatura nell'estate precedente. Tali ipotesi sembra suffragata dalle deduzioni di Mazzella & Buia (1991), i quali hanno osservato che la fioritura si verifica generalmente un mese dopo il raggiungimento della massima temperatura dell'acqua.

Altri Autori ( De Cock, 1981; MC Millan, 1979, 1980) in studi effettuati su altre fanerogame marine, hanno dedotto che la temperatura dell'acqua gioca un ruolo di primaria importanza

nell'induzione del fenomeno della fioritura; restando pur ferma la pari importanza del fotoperiodo e, in alcuni casi, dell'apporto di nutrienti.

Dopo l'impollinazione, l'ovario fecondato porta a maturazione un frutto detto "*oliva di mare*" (fig. 1.2.2.4).



**Figura 1.2.2.4: il frutto di *Posidonia oceanica* detto "*oliva di mare*".**

Questo fenomeno non è riscontrabile in tutte le infiorescenze, in quanto buona parte di queste abortiscono prima che il frutto giunga a maturazione (Caye & Meisnez, 1984; Giraud, 1977; Mazzella *et al.*, 1984; Pergent, 1985).

Il frutto giunto a maturazione si stacca dalla pianta e galleggiando alcune settimane grazie alle sostanze oleose presenti nel pericarpo, viene trasportato dalle correnti anche per lunghe distanze.

Alcune "*olive di mare*" finiscono spiaggiate lungo le coste; quelle rimaste in mare, con la deiscenza del pericarpo, liberano i semi. Questi cadono sul fondo e in presenza di condizioni favorevoli in giugno germinano, senza entrare in quiescenza.

IL processo germinativo inizia con l'espansione della plumula, seguita dall'emissione di una radice bianca al polo radicale e di uno o due foglioline (Caye & Meisnez, 1984; Balestri & Cinelli, 1995).

Dopo una decina di giorni dall'inizio della germinazione, il meristema apicale produce circa tre foglie di colore verde e una o due radici avventizie alla base delle foglie ( Balestri & Cinelli, 1995).



A settembre i germogli sono già ben sviluppati e distribuiti in modo disomogeneo, con concentrazioni più elevate nelle zone meno esposte e a minore profondità (Piazzi *et al.*, 1996).

La fioritura e la fruttificazione della *P. oceanica* sono state da sempre considerate eventi piuttosto rari, soprattutto nelle porzioni più settentrionali del Mediterraneo (Molinier & Picard, 1952).

Negli ultimi anni gli studi "*in situ*" e i metodi lepidocronologici hanno permesso un aumento delle osservazioni di fioriture di *P. oceanica* in tutto il bacino del Mediterraneo (Giraud, 1977 <sup>1a</sup>; Mazzella *et al.*, 1983, 1984; Caye & Meinesz, 1984; Pergent, 1985; Pergent *et al.*, 1989; Semroud, 1993; Tommasello *et al.*, 1994).

Da quanto è emerso da questi studi, sembra che il fenomeno avvenga con una certa ciclicità ed è stato osservato che, quando la fioritura si è verificata in anni successivi, i rizomi interessati non sono stati gli stessi (Pergent *et al.*, 1989).

Tuttavia rimangono scarse le informazioni sulla germinazione di semi nel loro ambiente naturale, che è stata osservata solo 5 volte; (Buia & Piraino, 1989; Acunto *et al.*, 1996).

Sulla base delle poche osservazioni risulta difficile valutare l'importanza della riproduzione sessuata nell'insediamento e nel mantenimento delle praterie, tuttavia sembra ridotto rispetto alla riproduzione vegetativa (Caye & Meinesz, 1984; Thelin, 1985; Buia & Mazzella, 1991; Meinesz *et al.*, 1993). A conferma di questo fenomeno, recenti studi hanno evidenziato una bassa variabilità genetica in alcune praterie del Mediterraneo (Procaccino & Mazzella, 1998).

## 1.3 LA PRATERIA DI *Posidonia oceanica*

### 1.3.1 LA STRUTTURA DELLA PRATERIA DI *Posidonia oceanica*

Quando *P. oceanica* incontra condizioni ambientali favorevoli, colonizza ampie aree di fondo marino formando praterie, che si estendono dalla superficie fino a 30 - 35 metri di profondità, spingendosi fino a 40 metri in acque molto limpide; la sua crescita è infatti strettamente condizionata dalla presenza di luce (fig. 1.3.1.1).



**Figura 1.3.1.1: prateria di *P. oceanica***

La pianta necessita di una forte illuminazione e per questo la trasparenza dell'acqua e la temperatura sono fattori che ne limitano lo sviluppo; può vivere entro un ampio intervallo di temperatura (tra 10° C e 28° C), tollerando sbalzi di temperatura relativamente importanti (Boudouresque & Meinesz, 1982).

Diverso è il comportamento rispetto alla salinità: *P. oceanica* è stenoalina, scompare in prossimità degli sbocchi fluviali ed è assente nelle aree salmastre.

Le praterie possono instaurarsi su substrati rocciosi e duri o su sedimenti sciolti di diversa granulometria. Su rocce dove l'apporto terrigeno è relativamente scarso, si sviluppano di solito "matte" di modesta entità e le piante si trovano disposte in ciuffi, che raramente raggiungono un'estensione tale da poter formare vere praterie. Più frequenti e diffuse sono le praterie su sedimenti sciolti; in questo caso si deve distinguere, tra sedimenti attuali in equilibrio con l'idrodinamismo della zona e sedimenti antichi (sedimenti relitti) (Colantoni, 1985). Nel primo caso in presenza di un equilibrio, i sedimenti accompagnano la crescita delle praterie. Quando il materiale terrigeno proveniente dalla costa è in quantità eccessiva, può frenare o inibire lo sviluppo della *P. oceanica*, diminuendo la trasparenza dell'acqua o soffocando le piante (ipersedimentazione).

Il miglior substrato per la formazione di praterie, sono i sedimenti relitti in zone a non più rapida sedimentazione. Ne deriva che lungo litorali rocciosi caratterizzati da una sedimentazione scarsa, le praterie sono presenti all'interno delle baie e delle insenature, dove si sono depositi sedimenti antichi e dove l'idrodinamismo locale permette un più facile insediamento (Colantoni, 1985).

L'insediamento di una prateria di *P. oceanica* sia su roccia che su sabbia, necessita di un substrato umificato che si forma principalmente ad opera del detrito di origine vegetale (Ghirardelli, 1981). Sul substrato umificato si possono insediare specie algali dette pioniere, come *Caulerpa prolifera* o piccole fanerogame dei generi *Cymodocea* e *Zostera*, che rendono possibile la formazione di una sorta di suolo capace di ricevere i germogli o i semi di *P. oceanica*.

Su qualsiasi fondale la pianta si insedi, essa modifica notevolmente il substrato originario: lo strato fogliare intrappola i sedimenti presenti nella colonna d'acqua e facilita la sedimentazione (Dauby *et al.*, 1995).

Tra i fattori ambientali che condizionano l'edificazione della "*matte*", il più importante è l'esposizione della prateria al moto ondoso ed alla corrente. Per opporsi al soffocamento dovuto a una eccessiva sedimentazione, la prateria può innalzarsi fino ad emergere con le foglie, formando una barriera naturale detta "*récife barrière*" (Moliner & Picard, 1952; Boudouresque & Meisnez, 1982; Boudouresque *et al.*, 1985).

Moliner & Picard (1952), studiando la formazione della "*recife barrière*" antistante la baia di Port-Cros, hanno osservato che tra il fronte di emersione della barriera e la costa, si forma una laguna dalle acque molto calme; mentre, verso il largo, la prateria continua a raggiungere la superficie, causando lo spostamento del fronte della barriera verso tale direzione.

Al contrario, in zone con elevato idrodinamismo "*la matte*" può essere scalzata ed erosa; si formano così canali di erosione detti "*intermatte*", canali sagittali, scalini, canali di ritorno, radure oppure aree erose circolari dette "*marmitte dei giganti*" (Blanc & Jeudy de Grissac, 1984; Boudouresque & Jeudy de Grissac, 1984; Moliner & Picard, 1952).

In una prateria si distinguono 2 margini:

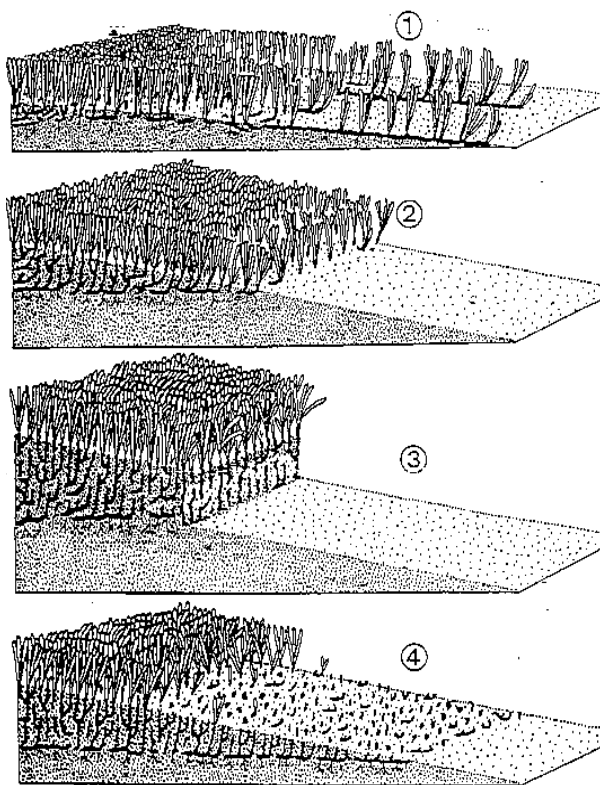
- Limite superiore: il punto in cui la prateria ha inizio partendo dalla linea di costa.
- Limite inferiore: il punto in cui la prateria termina.

Il limite superiore è sempre molto netto, mentre il limite inferiore può avere conformazioni diverse (Boudouresque *et al.*, 1990).

Meisnez & Laurent (1978), Pergent *et al.* (1995), hanno proposto la seguente classificazione basata sui molteplici aspetti morfologici

assunti dal limite inferiore, che dipendono dai fenomeni idrodinamici e dalle variazioni di quantità di luce, che raggiungono il fondo.

- Limite progressivo: il ricoprimento della pianta è inferiore al 50%, la densità dei fasci diminuisce progressivamente e la "matte" è generalmente assente. Un limite di questo tipo indica che la progressione batimetrica della prateria è in atto e non è ostacolata dalla graduale diminuzione della luce (la luce non è un fattore limitante) (fig. 1.3.1.2).



- Limite netto: il ricoprimento della pianta è superiore al 50%, la "matte" è generalmente assente e la prateria presenta un margine di interruzione ben definito. La riduzione dell'intensità luminosa sembra essere il fattore condizionante (fig. 1.3.1.2).

**Figura 1.3.1.2: profili schematici del limite inferiore della prateria di *Posidonia oceanica*: 1) limite progressivo 2) limite netto 3) limite erosivo 4) limite regressivo.**

- Limite erosivo: il ricoprimento della pianta può essere anche molto elevato; la prateria termina bruscamente spesso evidenziando lo scalino formato dalla "*matte*". In questo caso l'avanzamento della prateria è ostacolato dalle correnti di fondo (fig. 1.3.1).
- Limite regressivo: caratterizzato dalla presenza di "*matte*" morta, su cui persistono isolati ciuffi vivi. Un limite di questo tipo indica una regressione della prateria, dovuto ad un aumento della torbidità (fig. 1.3.1.2).

La densità dei fasci fogliari è un ottimo parametro per classificare i vari tipi di prateria.

Questo parametro è inteso come numero di fasci su  $m^2$ , varia a seconda delle condizioni fisiche a cui è sottoposta la prateria.

A tale proposito Giraud (1977), ha proposto una classificazione delle praterie in cinque classi, che permette in base alla densità, di caratterizzare lo stato di salute di una prateria:

- Classe I: oltre 700 fasci su  $m^2$ :

Prateria molto densa. A questa classe appartengono quelle praterie che hanno al loro centro una maggioranza di rizomi ad accrescimento verticale e che tendono a svilupparsi su un solo piano. A questa classe appartengono la maggior parte delle praterie su "*matte*" e mai quelle su sabbia o su substrato fangoso.

- Classe II: da 400 a 700 fasci su  $m^2$ :

Prateria densa. Questo stadio raggruppa le praterie all'inizio della degenerazione e quelle alla fine della crescita orizzontale, che tendono progressivamente ad una crescita nel solo piano verticale.

- Classe III: da 300 a 400 fasci su  $m^2$ :

Prateria rada. Lo stato di questa prateria è uno stadio di transizione tra la tendenza alla regressione e l'equilibrio dinamico. Si trovano su tutti i substrati e a tutte le profondità.

- Classe IV: da 150 a 300 fasci su m<sup>2</sup>:

Prateria molto rada. Si tratta di praterie che sono in regressione o in rimaneggiamento in seguito ad un fenomeno di erosione: nel primo caso, la prateria contiene un gran numero di fasci morti; nel secondo caso, è spesso posta su una "*matte*" priva di sedimento i cui bordi tendono a crollare. Può trattarsi di praterie che sono in via di colonizzazione dell'ambiente, riconoscibili dal fatto che contengono un gran numero di rizomi orizzontali che divengono esclusivi nel caso di substrato roccioso senza sedimento.

- Classe V: da 50 a 150 fasci su m<sup>2</sup>

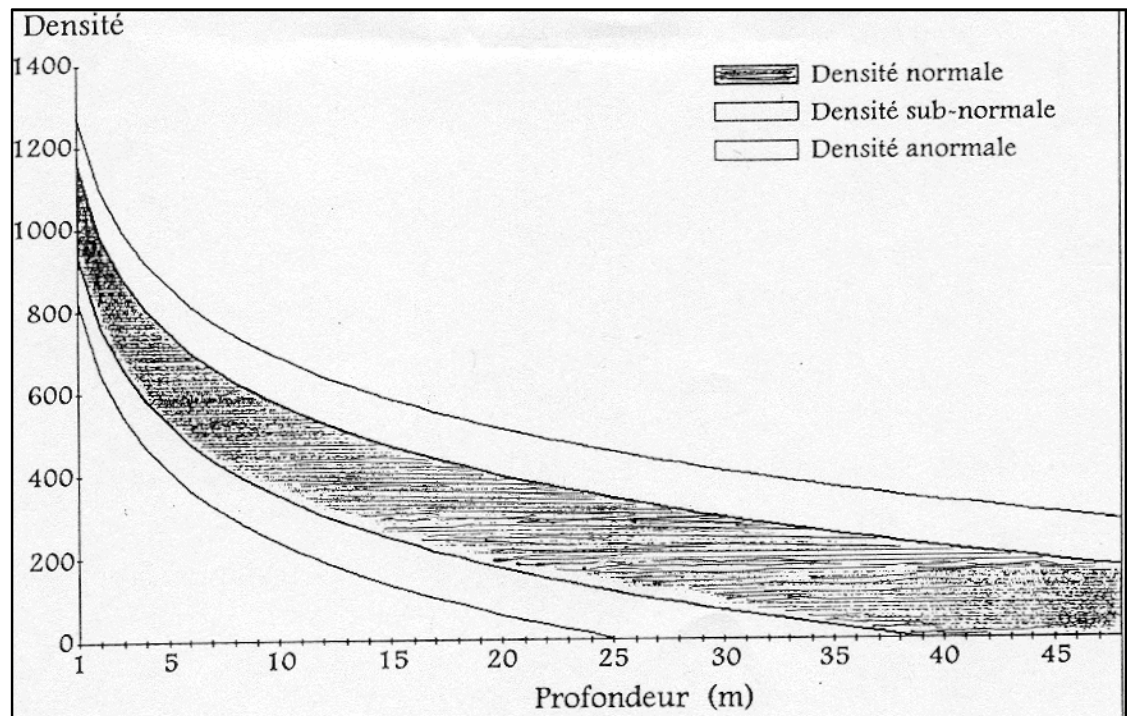
Semiprateria. In generale, queste sono praterie poste al limite inferiore della ripartizione verticale, normalmente situato al di là dei 20 metri di profondità su sabbia fangosa o fango. Queste praterie hanno la tendenza alla regressione (risalita del limite inferiore), in quanto sono situate al limite di tolleranza della specie.

Giraud *et al.* (1979) riprendono tale classificazione e vi aggiungono uno stadio VI (< 50 fasci su m<sup>2</sup>): fasci isolati.

Tale stadio rappresenta l'ultima tappa della regressione che precede la scomparsa totale di *P. oceanica* nella zona considerata.

Nel 1995 Pergent *et al.*, hanno creato una nuova classificazione delle praterie che relaziona la densità dei fasci su m<sup>2</sup> con la profondità, individuando così 3 classi di densità (fig. 1.3.1.4):

- Densità normale.
- Densità sub – normale.
- Densità anormale.



**Figura 1.3.1.3: schema che identifica le 3 classi di densità secondo Pergent *et al.*, 1995.**



### 1.3.2 L'IMPORTANZA DELLA PRATERIA

#### DI *Posidonia oceanica*

*P. oceanica* riveste un ruolo fondamentale nell'economia generale delle aree costiere di fondo mobile per l'equilibrio e la ricchezza sia a livello biologico che fisico.

In quanto organismo vegetale, *Posidonia* contribuisce in maniera cospicua all'ossigenazione delle acque, grazie alla sua attività fotosintetica.

Bay (1978) stima che un metro quadrato di prateria produca giornalmente da 4 a 20 litri di ossigeno, Frankignoulle *et al.*, (1984) ipotizzano che grazie agli scambi che avvengono nell'interfaccia tra acqua ed aria, *Posidonia* possa essere considerata come una produttrice di ossigeno per gli ambienti terrestri, per lo meno per alcuni periodi dell'anno.

Secondo molti Autori la prateria di *P. oceanica* rappresenta il luogo con maggiore biomassa e produttività del Mediterraneo ( cito ad esempio Ott., 1980; Boudouresque *et al.*, 1984).

La grande quantità di sostanza organica prodotta, costituisce una fonte di cibo diretta e indiretta per numerosi organismi ed è il punto di partenza di una complessa rete trofica (Mazzella *et al.*, 1992), che coinvolge sia la catena del detrito (con le foglie morte) che quella del pascolo. In effetti solo poche specie animali, l'echinoderma *Paracentrotus lividus* (Lamarck) e lo sparide *Sarpa salpa* (Fangri), utilizzano direttamente i tessuti verdi della fanerogama, a causa della presenza di acido cicorico e dell'alto contenuto di cellulosa che ne ostacola la digeribilità; la maggior parte degli erbivori che vivono nella prateria, molluschi, anfipodi, policheti e isopodi, si cibano degli epifiti vegetali presenti sulle foglie (Gambi *et al.*, 1992).

Boudouresque & Meinesz (1982) hanno valutato che la biomassa di un posidonieto è approssimabile a circa 38 tonnellate di peso secco per ettaro. Questo dato comparato con la biomassa di alcune importanti biocenosi terrestri (ad esempio le foreste di caducifoglie europee producono una biomassa di 300 tonnellate per ettaro) risulta essere un valore irrisorio; ma confrontando il dato con gli altri popolamenti marini mediterranei, il posidoneto risulta una delle zone a più alta concentrazione di materia vivente per ettaro. Bellan-Santini (1969) evidenzia che solo *Cystoseira striata* (Montagne) presenta valori di biomassa comparabili a quelli di *Posidonia*, ma occupa un areale molto ristretto.

Le praterie di *P. oceanica* rivestono anche notevole importanza per l'elevatissima diversità ecologica di questa comunità, costituendo una sorta di "nursery" per gli avannotti dei pesci e un rifugio per un grande numero di organismi, tra cui specie anche di notevole importanza economica, come pesci, cefalopodi e crostacei (Francour, 1997) (fig. 1.3.2.1).



**Figura 1.3.2.1: la prateria di *P. oceanica* svolge un importante ruolo di rifugio per molte specie di pesci.**

Se a seguito di un processo degenerativo, *Posidonia* diminuisce la produzione delle foglie, si osservano ripercussioni non solo sul posidoneto, ma anche sui numerosi ambienti dell'ecosistema marino, con conseguente impoverimento quantitativo all'interno delle varie catene alimentari e modificazioni fisiche dei substrati sedimentari. Questi inducono a loro volta modificazioni qualitative dei popolamenti (Bellan-Santini & Peres, 1984).

Infine *Posidonia* riveste un ruolo di primaria importanza nella stabilizzazione di rive e fondali. Nel primo caso gli accumuli sulla spiaggia di foglie morte della fanerogama " *les banquettes*" riducono l'azione erosiva del moto ondoso sul litorale, assorbendo l'energia che si libera al frangimento dell'onda; nel secondo caso l'apparato radicale e stolonifero della pianta garantiscono un effetto di stabilizzazione del fondo marino.

Tramite ricerche condotte in questo senso, Manzella *et al.*, (1986) hanno stimato un arretramento di 15 - 18 metri di litorale sabbioso, come conseguenza della regressione di un solo metro di prateria.

## 1.4 L'ECOSISTEMA *Posidonia oceanica*

### 1.4.1 LA COMUNITA' EPIFITA ALGALE

La prateria di *Posidonia oceanica* è un biocenosi molto complessa e ben strutturata, caratterizzata da un'elevata variabilità biologica delle comunità vegetali e animali che la compongono (Buia *et al.*, 2000).

La comunità vegetale è costituita dalla sovrapposizione di 2 popolamenti: quello fotofilo presente sulle foglie e quello sciafilo che ricopre i rizomi (Mazzella *et al.*, 1989) (fig. 1.4.1.1).



**Figura 1.4.1.1: epifiti animali e vegetali di *Posidonia oceanica***

La comunità epifita delle lamine fogliari stinge con la pianta ospite legami stretti, sviluppando adattamenti che rappresentano la migliore risposta possibile alle peculiarità del substrato e alle condizioni microclimatiche esistenti nella prateria (Scardi *et al.*, 1986).

Ben (1971) evidenzia come la comunità epifita, pur variando all'interno della prateria in funzione dei fattori climatici e stagionali, mostri un rimarchevole grado di specificità per *Posidonia oceanica*; fattori biologici e fisici determinano la struttura e la dinamica della

comunità (Van Montfrans *et al.*, 1984; Orth & Van Montfrans, 1984).

Tra i primi si trovano i fattori correlati con la fisiografia e la morfologia della pianta come: interazioni chimiche tra *Posidonia* e gli epifiti, natura del substrato, età, tasso di crescita, morfologia delle foglie, competitività per lo spazio con altre specie sia animali che vegetali.

I fattori biologici comprendono anche le interazioni tra la comunità epifita e quella animale che vive nella prateria, come ad esempio il pascolo da parte dei macroerbivori e dei microerbivori.

I fattori fisici includono disturbi meccanici (idrodinamismo), luce, salinità e concentrazione di nutrienti.

Ott (1980) evidenzia che l'alta variabilità nella lunghezza delle foglie e nella superficie disponibile da colonizzare a causa dell'ineguale tasso di crescita e dell'erosione meccanica e biologica, determinano un doppio gradiente di età (base-apice e interno - esterno), che agisce sulla comunità epifita e, insieme agli altri fattori cui si è accennato, ne determina la struttura e la dinamica. Lungo l'asse fogliare è possibile identificare una successione ed una zonazione, che seguono in maniera predicibile il gradiente di età della lamina fogliare, a prescindere dalla stagione e dalla profondità.

La colonizzazione si realizza attraverso una successione temporale ben definita come dimostrato da Mazzella *et al.* (1981), in studi sperimentali sulla colonizzazione epifita di lamine artificiali.

Secondo tali Autori, i primi organismi che si insediano sui tessuti fogliari giovanissimi sono microrganismi batterici, che formano una sottile patina sulla quale si installano alghe unicellulari, le più comuni delle quali sono diatomee pennate del genere *Cocconeis*.

La componente a diatomee mostra composizione e *pattern* di colonizzazione diversi in funzione dell'età della foglia, della

posizione lungo l'asse verticale del ciuffo e dell'esposizione alla luce e all'idrodinamismo (Mazzella, 1983).

La ricchezza specifica e l'abbondanza maggiori (fino a  $10^3$  cellule su  $m^2$ ) si riscontrano all'altezza della parte intermedia della foglia (Mazzella *et al.*, 1989). Tra le diatomee delle foglie di *Posidonia* si possono distinguere diverse forme di crescita e differenti modalità di adesione al substrato, come anche diversi cicli vitali (Mazzella *et al.*, 1989).

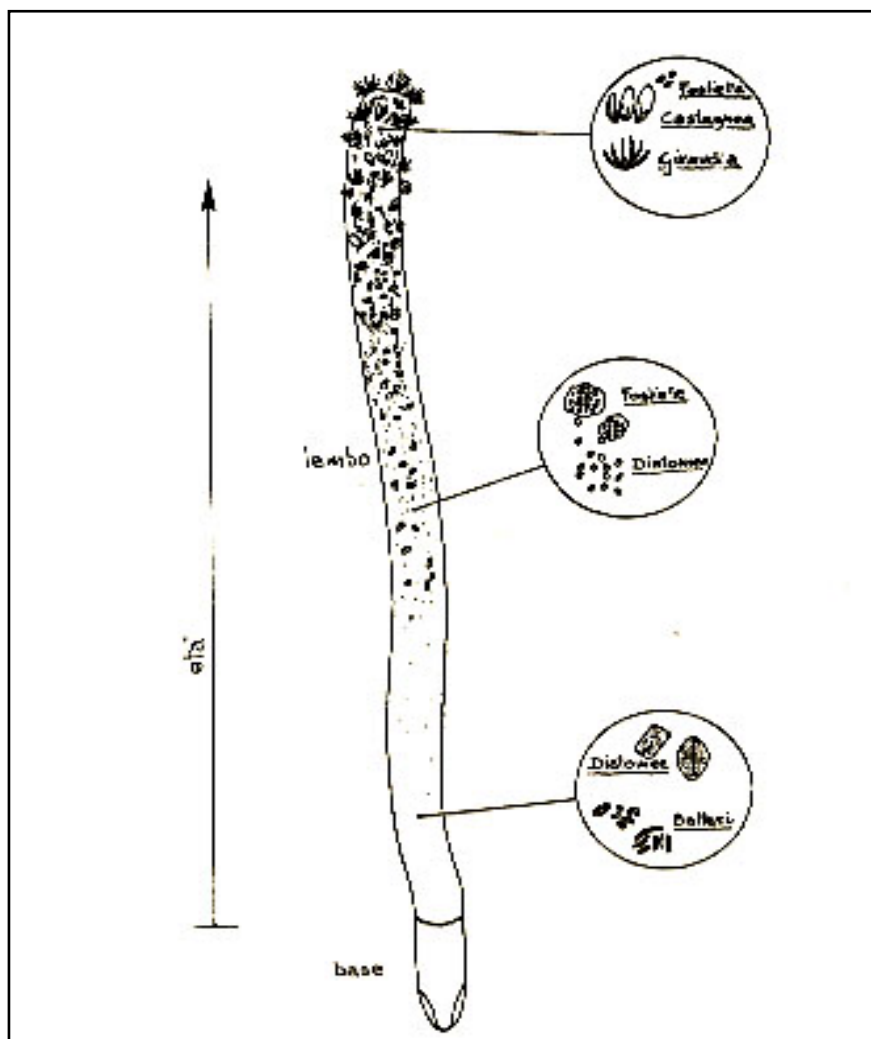
Nella fase successiva della colonizzazione appaiono delle alghe macroscopiche incrostanti appartenenti alle Phaeophyceae e alle Rodophyceae.

La successione si completa con l'insediamento di uno strato di alghe erette che, crescendo sulle alghe incrostanti, si elevano al di sopra della superficie fogliare con le loro strutture ramificate.

Le specie di alghe erette più frequenti sono quelle appartenenti ai generi *Castagnea*, *Dictyota* e *Giraudia* tra le Phaeophyceae e *Polysiphonia* e *Ceramium* tra le Rodophyceae (Cinelli *et al.*, 1984).

Questo strato eretto a differenza di quello incrostante, presenta una diversa composizione e abbondanza a seconda della profondità e della stagione (Mazzella *et al.*, 1989)(fig. 1.4.1.2).

La successione è il risultato di una strategia adattativa sviluppata dalla comunità, che si è andata selezionando nel corso dei vari processi coevolutivi, in risposta alle necessità di resistere a perturbazioni di varia natura (Scardi *et al.*, 1986).



**Figura 1.4.1.2: successione spaziale degli epifiti vegetali lungo una foglia di *Posidonia oceanica*.**

Questo "trend" successionale si riflette in una zonazione qualitativa della comunità, che si manifesta tanto lungo l'asse delle foglie, quanto lungo la direzione interno esterno del fascio (Scardi *et al.*, 1986).

A tale proposito Casola *et al.* (1987) hanno osservato che tre specie di briozoi epifiti mostrano una precisa disposizione spaziale lungo le foglie.

*Fenestrulina johannae* (Calvet) è tipica della parte basale delle foglie, *Electra posidoniae* (Gautier) della parte centrale e *Aetea truncata* (Landsborough) della parte apicale.

Esistono 2 tipi di problematiche legate alla colonizzazione e/o successione della comunità epifita; il primo è legato ai microgradienti climatici che si riscontrano lungo il fascio, mentre il secondo risente fortemente delle condizioni ambientali, in cui si trova la pianta.

Scardi *et al.* (1981), hanno supposto che la successione temporale di colonizzazione sia sostanzialmente svincolata dai microgradienti (in particolare luce ed idrodinamismo) che pure devono esistere all'interno del fascio. In contrapposizione, Casola *et al.* (1987) asseriscono che siano proprio i microgradienti a determinare l'andamento della successione temporale e la conseguente stratificazione sulle foglie; tale dinamica successionale sarebbe sostanzialmente identica su entrambe le facce fogliari.

L'unica differenza sostanziale riscontrata, è un ritardo nella successione sulle facce esterne, che diminuisce con l'aumentare dell'età della foglia in accordo con i gradienti presenti nel fascio (Casola *et al.*, 1989).

In ogni caso la sequenza di colonizzazione, qualunque sia il tempo in cui ha inizio, è regolata dal ciclo stagionale della pianta (Fresi *et al.*, 1981; Wittman *et al.*, 1981).

Il ricoprimento epifita evolve nell'arco dell'anno, raggiungendo il massimo nel periodo estivo, che coincide con il rallentamento del ciclo vegetativo della pianta ospite.

Questa discordanza di fase, rappresenta l'adattamento reciproco esistente tra la pianta e la comunità epifita: da una parte, *Posidonia* non investe energia in biomassa fotosintetica quando l'insediamento degli epifiti è massimo, dall'altra, gli epifiti stessi



trovano condizioni più favorevoli su di un substrato, la cui espansione è minima o nulla.

La comunità epifita delle foglie di *P. oceanica* rappresenta circa il 10-50 % della produzione e della biomassa dell'associazione "epifiti - pianta" (Mazzella & Ott, 1984) e produce effetti benefici, che sono stati riscontrati anche nelle altre angiosperme marine; è stato riconosciuto il ruolo di protezione da parte degli epifiti.

La comunità epifita gioca anche un ruolo di primaria importanza attraverso le interazioni biochimiche che instaura con la pianta, soprattutto nel ricircolo delle varie sostanze.

Il carbonio organico disciolto (DOC) rilasciato dalle piante, viene riassorbito dagli epifiti (Penhale & Smith, 1977), i nutrienti vengono riciclati dagli epifiti riuscendo, in tal modo, ad accedere alle riserve minerali dei sedimenti utilizzando la pianta come tramite (Mc Roy & Goering, 1974).

Una concentrazione eccessiva di epifiti può però minare la sopravvivenza di una popolazione di fanerogame, minacciandola attraverso la competizione per le stesse lunghezze d'onda, il fenomeno dell'ombreggiamento, o "*shading*", che può ridurre notevolmente l'attività fotosintetica della fanerogama, ed infine la soppressione dell'assimilazione del carbonio ( $\text{HCO}_3^-$ ) e del fosforo ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), che prova una alterazione del pH dell'acqua, che circonda la pianta limitandone così la crescita.

*Posidonia* reagirebbe a una eccessiva epifitizzazione sfruttando l'azione di brucatura da parte delle specie erbivore "*grazers*"; a tal riguardo Ott e Maurer (1977) hanno studiato il pascolo dell'echinoderma *Paracentrotus lividus* (Lamarck) nella prateria. Secondo tali Autori, i "brucatori" preferiscono rimuovere selettivamente le parti più vecchie delle foglie che, generalmente sono abbondantemente epifitate, lasciando così intatto il tessuto

più giovane, ancora fotosintetizzante, ed aumentando la possibilità di penetrazione della luce attraverso la volta fogliare.

La pianta non più costretta a mantenere parti di foglia vecchia e non più fotosintetizzante, investe le proprie energie nella produzione di nuovo tessuto attivo.

La flora algale associata ai rizomi, nonostante l'alto numero di specie, non presenta elementi esclusivi e caratteristici come quella delle foglie; questi popolamenti sono infatti sostanzialmente simili a quelli sciafili dell'infralitorale o del coralligeno circalitorale a seconda della profondità e della quantità di luce che li raggiunge (Boudouresque, 1968; Piazzì *et al.*, 2002) (fig. 1.4.1.3).

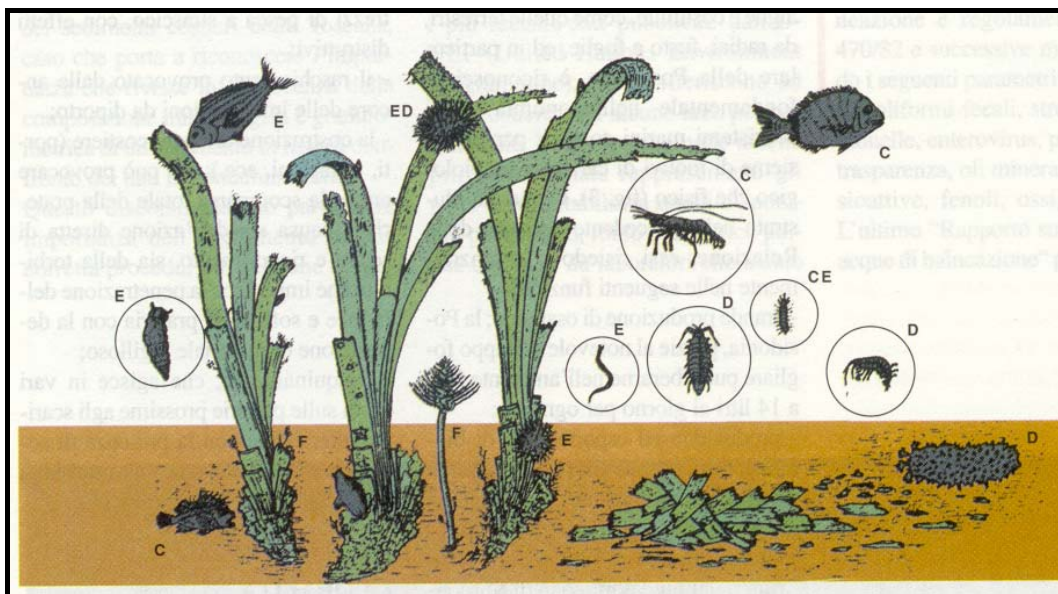


**Figura 1.4.1.3: rizomi di *Posidonia oceanica* epifitati.**

### 1.4.2 LA COMUNITA' ANIMALE

La fauna associata ai sistemi a *Posidonia oceanica* viene classicamente suddivisa in comunità discrete, zonate lungo l'asse verticale "*canopy - matte*" (strato fogliare, strato dei rizomi, "*matte*"), il cui studio richiede approcci e strategie di campionamento differenziate (Bianchi *et al.*, 1993).

Nella prateria si possono distinguere organismi vagili e sessili, che vivono sullo strato fogliare o sui rizomi, organismi mobili nella colonna d'acqua tra le foglie e infine organismi che vivono all'interno della "*matte*" (infauna) (Gambi *et al.*, 1992) (fig. 1.4.2.1).



**Figura 1.4.2.1: schema dei rapporti trofici presenti all'interno di una prateria di *Posidonia oceanica*.**

Tra gli organismi animali sessili troviamo idroidi e briozoi, foraminiferi, policheti e piccole ascidie.

L'infauna della "*matte*" sia viva che morta è dominata dai policheti, sia in termini di ricchezza specifica che di biomassa, comprendendo per lo più detritivori di superficie, di sub-superficie e onnivori (Mazzella *et al.*, 1995) .

Alla base dei ciuffi e sui rizomi troviamo specie sciafile, che prediligono condizioni ambientali più stabili, come briozoi, poriferi, molluschi, policheti ed echinodermi.

Gli echinodermi costituiscono una biomassa importante a livello dei rizomi (Mazzella *et al.*, 1995).

La fauna vagile delle foglie è costituita da una grande varietà di organismi, comprendenti sia forme macroscopiche come echinodermi, molluschi e crostacei, che forme microscopiche come i protozoi.

La fauna che vive nella colonna d'acqua tra le foglie è costituita da pesci come sparidi e labridi, ma anche molluschi e crostacei.

## 1.5 CAUSE DI REGRESSIONE E PROBLEMI DI SALVAGUARDIA DELLA PRATERIA

Nel corso della seconda metà del nostro secolo si sta manifestando un diffuso fenomeno di regressione delle praterie di *P. oceanica* (fig. 1.5.1).

Tale fenomeno può essere imputato a cause di diversa origine: antropica o naturale.



**Figura 1.5.1: erosione di una prateria di *P. oceanica*.**

Le attività umane rappresentano un fattore di possibile degradazione e distruzione delle praterie.

L'emissione nelle acque costiere di scarichi di origine urbana, crea una condizione di elevata torbidità, dovuta sia all'aumento delle particelle in sospensione, che al massiccio sviluppo di organismi fitoplanctonici; il notevole carico organico provoca anche un

eccessivo sviluppo di epifiti vegetali sulle foglie di *Posidonia*. Il risultato è una diminuzione dell'intensità luminosa, che raggiunge la pianta e una conseguente riduzione della sua attività fotosintetica.

A tal proposito, Peres (1984) ha osservato lungo i litorali più urbanizzati del Mediterraneo (Francia, Italia e Spagna), una diminuzione della densità fogliare della prateria e un calo della copertura del fondale occupato. Il restringimento della fascia di fondo colonizzata è dovuto a una netta risalita del limite profondo, contemporanea ad una discesa in profondità del limite superiore. La massiccia cementificazione delle zone litorali con conseguente infangamento dei fondali, provoca uno stato di squilibrio nella struttura dinamica della prateria, in quanto le piante non sono più in grado di adeguare il limite di crescita all'aumentato ritmo di sedimentazione (Peres 1984; Balduzzi *et al.*, 1984; Bourcier, 1989; Boudouresque *et al.*, 1990;).

Astier (1984) studiando i danni subiti da una prateria di *Posidonia* per la costruzione di una spiaggia artificiale antistante Tolone, osserva la perdita di 22 ettari di prateria, perché coperti dalla costruzione stessa, di 10 ettari distrutti dal successivo infangamento e la risalita del limite inferiore da 28 a 15 metri di profondità per la prolungata torbidità.

Anche Bourcier (1989) registra un innalzamento rilevante del limite inferiore, che passa dai 28 metri ai 25 metri a seguito dell'impatto congiunto di 2 scarichi urbani su una prateria nella baia di Cassis (Marsiglia) tra il 1966 e il 1979.

Gli scarichi urbani oltre all'aumento di torbidità, provocano una netta regressione della prateria, a causa della grande quantità e varietà di sostanze chimiche ad essi associate, che alterano la biosintesi dei pigmenti fotosintetici (Augier & Madinas, 1979; Panayotidis *et al.*, 1990).



Alle sostanze altamente inquinanti appartengono anche i detergenti, le cui caratteristiche tossicologiche provocano danni letali a livello istologico e alterano i processi di accrescimento della pianta (Augier *et al.*, 1984, 1987). Infine gli idrocarburi, formando un sottile film sulla superficie dell'acqua, ostacolano la penetrazione della luce e depositandosi sulle foglie, ne riducono gli scambi gassosi.

Un altro importante tipo di minaccia che provoca la regressione delle praterie, è collegabile allo stress meccanico legato all'attività di pesca ed agli ancoraggi ripetuti (Augier & Boudouresque, 1970; Porcher & Jeudy de Grissac, 1984; Astier, 1984; Peres, 1984; Cooper, 1980; Ardizzone & Pelusi, 1984).

Secondo Peres (1977), le reti a strascico, arando il substrato, estirpano le foglie e i rizomi della pianta, provocando una diminuzione della densità della pianta e delle sostanze umiche, che si riflette sui meccanismi di crescita.

Tra le alterazioni legate indirettamente alle attività umane, possiamo prendere in considerazione l'introduzione di specie alloctone; queste competono con *Posidonia* per il substrato e negli ultimi anni, probabilmente a causa delle variazioni climatiche che interessano il Mediterraneo, stanno sempre più estromettendo *Posidonia* dai substrati che le sono più congeniali. L'esempio più importante di tale fenomeno è dato dall'espansione della *Caulerpa taxifolia* (Vahl) C. Agardh e della *Caulerpa racemosa* (Forsskal), alghe tropicali appartenenti al phylum Chlorophyta (De Villele & Verlaque, 1995; Ceccherelli *et al.*, 2000; Piazzì *et al.*, 2001; Ceccherelli *et al.*, 2002).

E' probabile che nessuna di queste fonti di disturbo sia sufficiente da sola a produrre la regressione delle praterie a cui stiamo assistendo, ma che piuttosto si tratti di un effetto sinergico dei vari fattori considerati.

Bisogna infine considerare tra le possibili cause di regressione , i fattori di origine naturale. Moliner & Picard (1952) e successivamente Augier & Boudouresque (1970), in studi sulla regressione della "*récife - barriere*" della baia di Port-Cros, hanno ipotizzato che il rimaneggiamento della prateria sia dovuto al fatto che *P. oceanica* possa essersi disadattata alle attuali condizioni climatiche del Mar Mediterraneo.

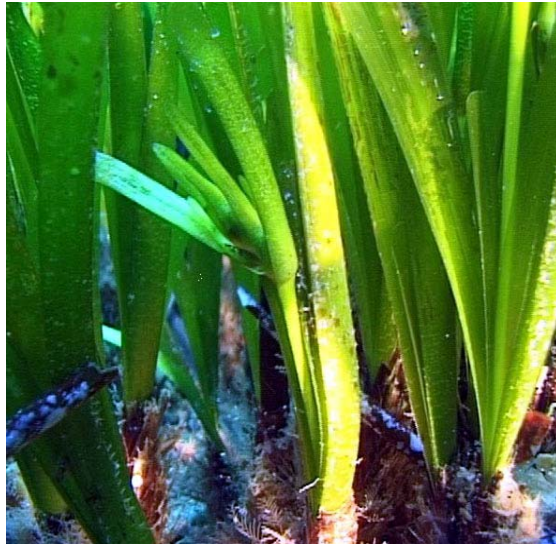
Secondo i suddetti Autori, una conferma di ciò sarebbe rilevabile nella sporadicità dei fenomeni di fioritura e fruttificazione, che si verificano di norma solo a seguito di estati molto calde. La graduale rarefazione delle praterie rende evidente e pressante il problema della loro salvaguardia.

Al fine di poter intraprendere concrete azioni di controllo, è necessario delineare in modo preciso l'estensione e le caratteristiche della prateria in un dato momento, e seguirne l'evoluzione nel tempo mediante successivi monitoraggi.



## 1.6 SCOPO DELLA TESI

In questo studio sono presentati i risultati del monitoraggio dell'andamento della fioritura verificatasi nel settembre 2003 e delle successive fasi di fruttificazione e germinazione.



**Figura 1.6.1: infiorescenza di *Posidonia oceanica* fotografata nella prateria di Cavo (Isola d'Elba).**

Oltre ai risultati del monitoraggio, in questa tesi è stata effettuata una ulteriore indagine climatologica, per verificare se alcuni fattori fisici ambientali possono influire sull'induzione florale della pianta o se il fenomeno è legato a un orologio biologico della specie che non viene influenzato da eventi esterni. La fioritura e la temperatura del mare (considerando le variazioni della temperatura nella colonna d'acqua nei primi 20 - 25 metri dalla superficie) sono state messe in relazione tra loro, per verificare se l'aumento della temperatura del mare può essere uno dei fattori che induce il fenomeno della fioritura.